植物精油的生物学活性及其在动物生产中的应用[1]

冯栋梁　刁蓝宇　邹彩霞　梁明振*

（广西大学动物科学技术学院，南宁 530004）

摘　要：植物精油是植物产生的挥发性液体，通常具有香气。研究中发现植物精油含有多种活性成分，作为新型饲料添加剂有抗菌、抗氧化、抗炎、提高动物免疫力等作用。因此，本文就植物精油的主要生物学活性及其在动物生产中的应用进行综述。

关键词：植物精油；新型饲料添加剂；动物；生物学活性；免疫力

中图分类号：S816.7

在规模化养殖过程中，动物易受到各种不良因素，如断奶、断尾、去势、转群、饲料霉变、抗生素不合理使用等影响，使其采食量下降，肠道内环境改变，免疫力降低，从而引发动物腹泻、厌食、消瘦，最终导致动物生长缓慢、发病，甚至死亡。因此，增强动物机体抗应激能力，改善动物胃肠道功能，提高动物免疫力是提高养殖效益的关键所在。植物精油属于植物提取物之一，是一种芳香味的挥发性液体。近年来作为一种天然的抗氧化剂，植物精油因具有诱食、促生长、抑菌消炎、抗应激、防治疾病、抗饲料霉变等作用，越来越受到人们关注[1]。据报道，饲粮中添加植物精油有提高猪免疫球蛋白抗体水平[2]、促进肉鸡十二指肠绒毛发育[3]、清除动物机体自由基、缓解动物应激[4]、调节动物肠道微生物区系[5]、减少动物疾病[6]、提高动物生长性能等[7]作用。因此，本文就植物精油的生物学活性及其在动物生产中的应用进行综述，旨在为植物精油在动物生产中的应用提供参考。

1　植物精油的来源、活性成分及其分类

植物精油是自然界绿色植物经光合作用后，自身细胞发生生化反应分泌出的芳香气味分子。植物精油主要分布于植物的花、叶、茎、根、嫩枝、种子、果实或树皮等部位，并储存在植物的腺毛、油室、分泌细胞或树脂道中[8]。大多数植物精油呈油滴状存在，也有些与树脂、黏液共同存在，通过压榨、蒸馏、萃取等方法获得。植物精油是亲脂性和疏水性化合物的浓缩物，挥发时会产生其特有的气味，在自然条件下易氧化酸败变质，不溶于水，易溶于

收稿日期：2018-04-23
基金项目：广西自然科学基金项目(2015GXNSFAA139061)
作者简介：冯栋梁（1991—），男，河南郑州人，硕士研究生，动物营养与饲料科学专业。E-mail: fengdongliang37370@126.com
*通信作者：梁明振，教授，硕士生导师，E-mail: lmzhen62@163.com

有机溶剂，可燃烧。植物精油中含有萜烯、醇、酚、醛、酮、酯和其他复杂的碳氢化合物[9]。植物精油的主要成分有4类。1）萜烯类化合物（terpenes）：其含量最多，如沉香醇、香叶醇、冰片等。2）芳香族化合物（aromatic derivatives）：仅次于萜烯类的第二大类化合物，如百里香酚、香芹酚、桂皮醛等。3）脂肪族化合物（aliphatic compounds）：精油中分子量较小的化合物，几乎所有的精油中都有存在，如异戊醛、芳樟醇、姜油酮等。4）含氮、含硫化合物(nitrogen and sulfur compounds)：葱科类植物，如具有辛辣刺激香味的大蒜素、洋葱中的三硫化物、黑芥子中的异硫氰酸酯等。大部分植物精油的化学组成中酚类、萜烯、单萜烯和倍半萜烯所占的比例在70%以上，有的甚至超过85%。植物精油的芳香气味不但使植物具有化感作用，使其免受其他植物、食草动物、微生物的侵害，而且也有利于吸引蜜蜂、蝴蝶等进行植物间的传粉[10]。目前有关植物精油的研究主要在唇形科、芸香科、樟科、菊科、姜科等芳香植物居多。常见植物精油的理化性质及产量见表1。

表1　常见植物精油的理化性质及产量

Table 1　Physicochemical properties and yields of common plant essential oils[11]

植物精油 Plant essential oil	分类 Classification	主要活性成分 Main active ingredients	提取部位 Extraction site	外观 Appearance	产量 Yield/%
罗勒 Basil	唇形科	罗勒烯	花顶部	淡黄色液体	0.4
肉桂 Cinnamon	樟科	肉桂醛	肉桂树皮	黄色至棕色液体	0.5~5.0
百里香 Thyme	唇形科	百里香酚	叶子/花	无色、黄色、红色液体	2~3
迷迭香 Rosemary	唇形科	迷迭香酸	花顶部	无色、淡黄色液体	1~2
大蒜 Garlic	葱科	硫化合物大蒜素	球茎	黄褐色	0.28~0.51
洋葱 Onion	葱科	甲基-N-丙基二硫化合物	球茎	琥珀-黄色液体	0.01~0.02
姜 Ginger	姜科	姜辣素	球茎	浅黄色液体	2

柑橘皮 Citrus peel	芸香科	柠檬烯	果皮	橙红、橙棕色液体	0.8
柠檬皮 Lemon peel	芸香科	柠檬烯	果皮	深黄、绿黄色液体	0.07

2 植物精油的生物学活性

2.1 植物精油的抗菌活性

研究发现植物精油能降解细菌细胞壁，破坏细胞膜蛋白质结构，导致细胞质凝聚，减弱质子运动力[12]，从而抑制杀灭细菌。Hammer 等[13]和 Ambrosio 等[14]认为植物精油具有抗菌活性，主要是因为精油中存在酚类物质。也有研究指出植物精油萜类化学结构中羰基官能团的存在能增强植物精油的抗菌活性[9]。Wang 等[15]则发现菟丝子精油能通过破坏细胞结构和抵抗生物膜的机制发挥抗菌活性，对大肠杆菌、沙门氏菌、金黄色葡萄球菌的生长有明显抑制作用。孙琦[16]研究发现，肉桂醛对黄曲霉菌生长和产毒有抑制作用，其中包括短时胁迫效应和长时胁迫效应。肉桂醛短时胁迫作用后，可使黄曲霉菌中菌丝细胞活性氧（ROS）含量减少和氧化应激反应程度下降，从而导致其生理代谢速率减缓；肉桂醛长时胁迫作用于黄曲霉菌后，可使细胞中 ROS 含量的增加，引起的细胞氧化损伤，从而导致丝状真菌生理代谢活动受阻。Huang 等[17]在植物精油化学成分分析及其对大肠杆菌体外抑菌试验中则发现，百里香酚、对甲基异丙基苯和萜烯对大肠杆菌的细胞质膜有破坏作用，能使其质子泵功能失调，致使细胞死亡。鉴于已发表的抗菌作用数据显示，植物精油抗菌活性的强弱顺序为：牛至>丁香酚>肉桂>百里香>薄荷>迷迭香>芥末>香菜/鼠尾草。Kalemba 等[18]根据体外抑菌试验结果，发现植物精油活性成分的抗真菌活性强弱顺序为：苯酚>肉桂醛>醇类>醛类>酮类>醚类>烃类，其中酚类成分的植物精油抗真菌活性随分子间空间位阻增大而增加。

2.2 植物精油的抗氧化活性

研究中发现植物精油中含有多种抗氧化活性成分，如百里香酚、对伞花烃、黄酮类物质苯丙酯等。植物精油发挥抗氧化活性的作用机制包括以下几点：1）酚类成分与过氧自由基结合，使自由基活性降低或将其清除；2）酚羟基与过渡金属离子（Fe^{2+}、Cu^{2+}）发生螯合，生成相对稳定的配合物，阻断动物机体生物氧化过程，减少金属离子诱导的自由基生成；3）植物精油的萜烯成分可以上调体内抗氧化酶的活性[19]。Si 等[20]研究发现，6%姜烯酚和 10%姜辣素在 60 ℃时表现出比 6%姜辣素和 8%姜辣素更高的抗氧化活性。据研究显示，多种植

物精油均有抗氧化活性。例如，麝香草香精油能抑制动物机体脂氧合酶和乙酰胆碱酯酶活性[21]，橄榄精油能刺激大鼠机体产生超氧化物歧化酶（SOD），保护细胞免受氧化应激的影响[22]，牡丹花瓣精油其芳香成分对 1,1-二苯基-2-三硝基苯肼（DPPH）和 2,2-联氮-二(3-乙基-苯并噻唑-6-磺酸)二铵盐(ABTS)自由基有很强的清除能力[23]。Han 等[24]通过气相色谱-质谱（GC-MS）分析技术在牛至开花期对其不同部位精油化学成分分析和抗氧化活性研究中发现，牛至花叶中香芹酚和百里酚含量接近 50%，当浓度为 1.25 mg/mL 时，抗氧化活性最高。王丽雪等[25]研究发现，植物源性提取物中含有多酚、多糖、生物碱和皂苷等多种活性成分，能作用于上述不同途径，对动物表现出不同程度的抗氧化活性。可见，植物精油因含有的活性成分不同，抗氧化活性的作用也不相同。

2.3　植物精油的免疫学活性

自然情况下，动物机体自身通过体液免疫和细胞免疫途径来维持机体的健康。研究报道，植物精油中活性成分能通过调节体内抗氧化酶水平，降低细胞促炎因子，来提高动物免疫力[26]。目前植物精油免疫学活性调节机制还不明确，有研究发现葱科植物精油中因含有硫化合物，而具有抗炎和抗氧化特性[27]。柳叶精油中反式-2-己烯醛活性成分能抑制 Ca^{2+}流入血管平滑肌，而有抗炎、抗支气管痉挛作用[28]。贾聪慧等[29]研究则指出，植物精油抗炎活性与它的抗氧化作用有关，其能参与调控细胞因子与转录因子的信号转导通路，从分子水平上抑制促炎基因的表达。Zhang 等[30]研究发现，蓖麻植物精油能通过线粒体介导的内在途径抑制肿瘤细胞生长，诱导细胞凋亡。然而，Bellassoued 等[31]用 502 mg/kg 的薄荷胡椒精油对四氯化碳（CCl_4）诱导应激中的大鼠进行饲喂 7 d 的试验，发现其对大鼠体内血清丙氨酸转氨酶（ALT）、天冬氨酸转氨酶（AST）、碱性磷酸酶（ALP）、乳酸脱氢酶（LDH）和γ-谷氨酰转肽酶（γ-GT）活性及尿素、肌酸酐含量没有显着影响；而对 CCl_4 诱导前状态的大鼠以 15 和 4 002 mg/kg 的剂量预处理，发现其能显著降低应激参数（ALT、AST、ALP、LDH、γ-GT 活性及尿素、肌酸酐含量）。也有研究报道，茴香、肉桂醛和芳香醇能显著降低小鼠体内白细胞介素-1β（IL-1β）、白细胞介素-18（IL-18）[32]、肿瘤坏死因子-α（TNF-α）、干扰素-γ（IFN-γ）含量[33]。Xu 等[34]和 He 等[35]通过饲养试验发现，植物精油能显著提高动物的生长性能、血清免疫学指标，缓解肠道炎症，减少腹泻发生率。由此可见，植物精油具有抗炎、免疫学活性作用，而其发挥抗炎、免疫学活性机制方面还需进一步研究。

2.4　植物精油的诱食、提高营养物质消化率的作用

采食是动物获取营养物质的必要方式，而植物精油能通过刺激脑神经（三叉神经）诱发动物产生采食行为，刺激食欲，促进消化道蠕动，从而促进消化液和消化酶，如唾液、胃液、胆汁肠液及一系列酶的分泌，通过这些机制提高营养物质消化率。陈方龙等[36]研究发现，植物精油之所以能增加动物采食量是因为其在使用过程中表现出较好的抗氧化和抗微生物功能，抑制了肠道有害菌，提高了胃肠道消化酶的活性。王晶[37]研究则认为，一些植物提取物中含有甜味剂，改善了饲料的适口性，增加了断奶仔猪的偏食性，提高了仔猪平均日采食量。甘丽平等[38]研究指出，植物精油能提高饲料营养物质和能量的作用效率，调控与生长相关激素的分泌，从而促进动物生长性能的提高。然而，Plg 等[39]在断奶仔猪饲粮中添加 1.5 g/kg 辣椒精油发现其并没有改善动物生长性能和器官增重，但是添加 4.0 g/kg 的辣椒精油却可以降低仔猪腹泻率，提高动物生长性能。Yu 等[40]研究发现，在低能量（13.37 MJ/kg）情况下，添加 600 mg/kg 植物精油与对照组（14.27 MJ/kg）相比，能显著降低料重比，提高经济效益。综上得出，植物精油作为一种天然的新型饲料添加剂，可以提高动物采食量，对动物的生长性能产生积极的作用。

3　植物精油在动物上的应用

植物精油对动物脂质代谢[41-42]、消化[43]、抗菌[44]、抗应激[45]抗氧化和消炎等[46-47]方面有积极的作用，也被大量的试验研究证实。

3.1　植物精油在猪生产上的应用

植物精油具有提高猪生长性能、促进肠道有益菌增殖、提升猪肉品质的作用。研究表明，在断奶仔猪饲粮中添加 0.01%的植物精油，断奶仔猪平均日增重、平均日采食量和肠道中乳酸杆菌的数量极显著增加，血清中白细胞吞噬率、免疫球蛋白含量和补体 4（C4）含量显著提高[48-49]。刁慧等[50]研究发现，在断奶仔猪饲粮中添加 100 mg/kg 百里香酚和 2 000 mg/kg 的苯甲酸，仔猪回肠绒毛高度有提高的趋势，盲肠食糜丙酸和总挥发性脂肪酸含量显著提高。Walia 等[51]研究发现，在育肥猪饲粮中添加植物精油和有机酸复合物，在第 14 天粪便中沙门氏菌含量为 27.9%；第 28 天，粪便中沙门氏菌含量没有减少。张玲玲等[52]在断奶仔猪饲粮中添加植物精油，发现仔猪粪便中氨态氮含量和脲酶活性显著低于对照组。研究发现，在育肥猪饲粮中添加植物精油，其酚醛物质能维持机体自由基平衡，改善肌肉嫩度[53]，增加

猪肉中肌内脂肪（IMF）、n-3 多不饱和脂肪酸（n-3PUFA）含量[54]，提升猪肉感官品质和抗氧化状态，但是植物精油作为防腐剂使用时，其芳香气味会改变肉的风味，影响口感[9]。王浩等[55]研究发现，植物精油能降低母猪氧化损伤，提高母猪泌乳力，降低泌尿繁殖系统疾病患病率。以上结果表明，植物精油可通过抑制肠道有害菌、改变消化酶活性、增强免疫力等提高各阶段猪生长性能。

3.2　植物精油在鸡生产上的应用

研究发现，在鸡饲粮中添加植物精油能显著提高饲料中营养物质消化率，减少氮的排泄量，显著提高肉鸡体增重[56]和血清 SOD 的活性[57]；可提高蛋鸡产蛋率，鸡蛋品质呈上升趋势[58]；同时可影响肠壁结构，改善肠道微生物区系[59]。张文静等[60]在肉仔鸡饲粮中分别添加 80 和 160 mg/kg 植物精油（主要成分：丁香酚、百里香酚和香芹酚），结果显示试验组肉鸡平均日增重显著高于对照组，但 80 mg/kg 植物精油组料重比显著低于对照组，160 mg/kg 植物精油组采食量和料重比均显著高于对照组。杜恩存[61]研究发现，肉仔鸡饲粮中添加 120 g/kg（百里香酚和香芹酚）能上调肉仔鸡小肠 *IFN-γ*、*IL-1β*和白细胞介素-4（*IL*-4）的 mRNA 的表达，血清中新城疫和禽法氏囊病抗体滴度差异显著。Altop 等[62]研究发现，在 1 日龄雄性肉仔鸡饲粮中添加 0.08 g/kg 的松脂精油，可降低雏鸡空肠大肠杆菌、葡萄球菌、粪肠球菌和李斯特菌数量，增加肉鸡胴体、腹部脂肪和活体重量。Chowdhury 等[57]在 1 日龄肉鸡饲粮中添加 300 mg/kg 肉桂皮精油，肉鸡十二指肠绒毛高度、空肠绒毛高度、回肠绒毛高度及血清中 SOD 活性显著增加。

3.3　植物精油在反刍动物上的应用

在反刍动物饲粮中添加植物精油，可以提高反刍动物瘤胃对氮和能量的利用率[63]，减少甲烷气体的产生[64]，提升反刍动物肉品质[42]。Kholif 等[65]研究发现，在哺乳期母羊饲粮中添加 2 mL 辣椒精油和 4 g 酶混合物，饲料转化率提高了 22.1%，羊奶中不饱和脂肪酸含量提高了 10.6%。Wallace[66]研究发现，在绵羊高低 2 种不同蛋白质饲粮中添加 100 mg/d 的植物精油时，低蛋白质组产氨菌的数量下降了 77%，而高蛋白质组产氨菌的数量不受影响。Cobellis 等[67]在精油体外瘤胃发酵调节甲烷和氨产生试验中发现，牛饲粮中添加植物精油能显著减少甲烷、氨等气体的排放。有研究报道，不同 pH 的桂肉桂醛对瘤胃挥发性脂肪酸产量会产生不同变化，在 pH=7 时会提高乙酸/丙酸，而在 pH=5.5 时会降低乙酸/丙酸[68]。

Kahvand 等[69]研究发现，鼠尾草精油能积极地改变瘤胃发酵，产生更多的有益微生物。Khorrami 等[70]在荷斯坦牛饲粮中添加 500 mg/kg 百里香和肉桂精油发现，其可以替代莫能菌素作为牛瘤胃发酵剂，使牛瘤胃琥珀酸纤维杆菌和白色瘤胃球菌群体的数量减少。由此可见，植物精油能够改善反刍动物的瘤胃发酵功能，提高饲料中营养物质的吸收利用，对环境中减少甲烷等气体的排放有积极作用。

4 小 结

综上所述，植物精油种类丰富，含有多种活性成分，有重要的生理学功能。饲粮中添加植物精油不仅可以提高动物生长性能，还能提高营养物质利用率。近年来，国内有关植物精油在动物生产中应用取得了较大进展，如最新的微胶囊化制剂，可以让精油产品有效到达作用部位并释放，最大程度上保证了其生物学活性的发挥。但是目前有关植物精油与其他添加剂协同作用而增强效能应用的研究相对较少，需要大量的试验去验证其协同作用效果。此外，植物精油作为抗生素替代品方面的研究相对不足，需要相关试验探究其作用效果和适宜添加剂量。最后，有关植物精油的作用机理方面，需进一步从分子营养学水平揭示其对动物的作用机制，未来这些方面的研究可能会进一步推动植物精油在动物生产中的开发和利用。

参考文献：

[1] HUANG J H,QIAN C,XU H J,et al.Antibacterial activity of *Artemisia asiatica* essential oil against some common respiratory infection causing bacterial strains and its mechanism of action in *Haemophilus influenzae*[J].Microbial Pathogenesis,2018,114:470–475.

[2] 周选武,杨开云,陈代文,等.饲粮添加抗生素和植物精油对母猪生产性能、免疫功能和乳成分的影响[J].动物营养学报,2017,29(3):995–1002.

[3] 燕磊,朱正鹏,吕尊周,等.饲粮中添加不同植物精油对肉仔鸡生长性能、肠道发育、免疫器官指数及屠宰性能的影响[J].动物营养学报,2017,29(4):1367–1375.

[4] WEN P,YAN P.Research advances on antioxidant mechanism of plant essential oil[J].Feed Industry,2017(2):40–45.

[5] ZHAI H X,LIU H,WANG S K,et al.Potential of essential oils for poultry and pigs[J].Animal Nutrition,2018,doi:10.1016/j.aninu.2018.01.005.

[6] VAILLANCOURT K,LEBEL G,YI L,et al.*In vitro* antibacterial activity of plant essential oils against *Staphylococcus hyicus* and *Staphylococcus aureus*,the causative agents of exudative epidermitis in pigs[J].Archives of Microbiology,2018,13173:1–7.doi:10.1007/s00203-018-1512-4.

[7] DE AGUIAR F C,SOLARTE A L,TARRADAS C,et al.Antimicrobial activity of selected essential oils against *Streptococcus suis* isolated from pigs[J].MicrobiologyOpen,2018:e00613,doi:10.1002/mbo3.613.

[8] 罗金岳,安鑫南.植物精油和天然色素加工工艺[M].北京:化学工业出版社,2005.

[9] NIETO G.Biological activities of three essential oils of the *Lamiaceae* family[J].Medicines,2017,4(3):63.

[10] ABD EL-GAWAD A M,EL-AMIER Y A,BONANOMI G.Allelopathic activity and chemical composition of *Rhynchosia minima* (L.) DC.essential oil from egypt[J].Chemistry and Biodiversity,2018,15(1),doi:10.1002/cbdv.201700438.

[11] ATTOKARAN M.天然食用香料与色素[M].许学勤，译.北京:中国轻工业出版社,2014.

[12] YANG C,HU D H, FENG Y.Antibacterial activity and mode of action of the Artemisia capillaris essential oil and its constituents against respiratory tract infection-causing pathogens[J].Molecular Medicine Reports,2015,11(4):2852.

[13] HAMMER K A,CARSON C F,RILEY T V.Antimicrobial activity of essential oils and other plant extracts[J].Journal of Applied Microbiology,1999,86(6):985–990.

[14] AMBROSIO C M S,DE ALENCAR S M,DE SOUSA L M,et al.Antimicrobial activity of several essential oils on pathogenic and beneficial bacteria[J].Industrial Crops and Products,2017,97:128–136.

[15] WANG F,WEI F Y,SONG C X,et al.*Dodartia orientalis* L. essential oil exerts antibacterial activity by mechanisms of disrupting cell structure and resisting biofilm[J].Industrial Crops and Products,2017,109:358–366.

[16] 孙琦.肉桂醛对黄曲霉菌生长和产毒的影响机制研究[D].博士学位论文.北京:中国农业科学院,2016.

[17] HUANG W,WANG J Q,SONG H Y,et al.Chemical analysis and *in vitro* antimicrobial effects and mechanism of action of *Trachyspermum copticum* essential oil against *Escherichia coli*[J].Asian Pacific Journal of Tropical Medicine,2017,10(7):663–669.

[18] KALEMBA D,KUNICKA A.Antibacterial and antifungal properties of essential oils[J].Current Medicinal Chemistry,2003,10(10):813–829.

[19] 温朋飞,彭艳.植物精油抗氧化作用机制研究进展[J].饲料工业,2017(2):40–45.

[20] SI W H,CHEN Y P,ZHANG J H,et al.Antioxidant activities of ginger extract and its constituents toward lipids[J].Food Chemistry,2018,239:1117–1125.

[21] CUTILLAS A B,CARRASCO A,MARTINEZ-GUTIERREZ R,et al.*Thymus mastichina* L.essential oils from Murcia (Spain):composition and antioxidant,antienzymatic and antimicrobial bioactivities[J].PLoS One,2018,13(1):e0190790.

[22] ROSSI M,CARUSO F,KWOK L,et al.Protection by extra virgin olive oil against oxidative stress *in vitro* and *in vivo*.Chemical and biological studies on the health benefits due to a major component of the Mediterranean diet[J].PLoS One,2017,12(12):e0189341.

[23] 孙嘉怡.牡丹花瓣精油化学成分及其抗氧化能力研究[D].硕士学位论文.杨凌:西北农林科技大学,2017.

[24] HAN F,MA G Q,YANG M,et al.Chemical composition and antioxidant activities of essential oils from different parts of the oregano[J].Journal of *Zhejiang* University： Science B,2017,18(1):79–84.

[25] 王丽雪,谢玉怀,张桂国.植物源性抗氧化剂的应用及其作用机制[J].动物营养学报,2017,29(5):1481–1488.

[26] 周洋,彭艳,周小秋.植物精油对动物生长和免疫力的影响及其作用机制[J].动物营养学报,2018,30(1):37–43.

[27] FOE F M C N,TCHINANG T F K,NYEGUE A M,et al.Chemical composition,*in vitro* antioxidant and anti-inflammatory properties of essential oils of four dietary and medicinal plants from Cameroon[J].BMC Complementary and Alternative Medicine,2016,16:117.

[28] HERNÁNDEZ J J,RAGONE M I,BONAZZOLA P,et al.Antitussive,antispasmodic,bronchodilating and cardiac inotropic effects of the essential oil from *Blepharocalyx salicifolius* leaves[J].Journal of Ethnopharmacology,2018,210:107–117.

[29] 贾聪慧,陈旻远,杨彩梅,等.植物精油对单胃动物生产性能与健康的调控[J].动物营养学报,2015,27(4):1055–1060.

[30] ZHANG J,HUANG R Z,CAO H J,et al.Chemical composition,*in vitro* anti-tumor activities and related mechanisms of the essential oil from the roots of *Potentilla discolor*[J].Industrial Crops and Products,2018,113:19–27.

[31] BELLASSOUED K,BEN HSOUNA A,ATHMOUNI K,et al.Protective effects of *Mentha piperita* L.leaf essential oil against CCl_4 induced hepatic oxidative damage and renal failure in rats[J].Lipids in Health and Disease,2018,17(1):9.

[32] IANNARELLI R,MARINELLI O,MORELLI M B,et al.Aniseed (*Pimpinella anisum* L.) essential oil reduces pro-inflammatory cytokines and stimulates mucus secretion in primary airway bronchial and tracheal epithelial cell lines[J].Industrial Crops and Products,2018,114:81–86.

[33] LEE S C,WANG S Y,LI C C,et al.Anti-inflammatory effect of cinnamaldehyde and linalool from the leaf essential oil of *Cinnamomum osmophloeum* Kanehira in endotoxin-induced mice[J].Journal of Food and Drug Analysis,2018,26(1):211–220.

[34] XU Y T,LIU L,LONG S F,et al.Effect of organic acids and essential oils on performance,intestinal health and digestive enzyme activities of weaned pigs[J].Animal Feed Science and Technology,2017,235:110–119.

[35] HE W Q,RAHIMNEJAD S,WANG L,et al.Effects of organic acids and essential oils blend on growth,gut microbiota,immune response and disease resistance of Pacific white shrimp (*Litopenaeus vannamei*) against *Vibrio parahaemolyticus*[J].Fish & Shellfish Immunology,2017,70:164–173.

[36] 陈方龙,寿奎均.植物提取物如何提高动物的采食量[J].当代畜禽养殖业,2017(1):43–43.

[37] 王晶.植物提取甜味剂与香味剂和鲜味剂组合对断奶仔猪的效果研究[D].硕士学位论文.沈阳:沈阳农业大学,2017.

[38] 甘利平,杨维仁,张崇玉,等.植物提取物的生物学功能及其作用机理[J].动物营养学报,2015,27(9):2667–2675.

[39] PLG C,GOIS F D,SBARDELLA M,et al.Effects of dietary supplementation of red pepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi) essential oil on performance,small intestinal morphology and microbial counts of weanling pigs[J].Journal of the Science of Food & Agriculture,2017,98(2):541–548,doi:10.1002/jsfa.8494.

[40] YU C Y,YANG Z B,ZHOU X M,et al.Effects of compound plant essential oil on growth performance and economic benefit of weaning piglets[J].Feed Industry,2017,38(12):5–9.

[41] UNVER T,WU Z Y,STERCK L,et al.Genome of wild olive and the evolution of oil biosynthesis[J].Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America,2017,114(44):E9413–E9422.

[42] SMETI S,HAJJI H,MEKKI I,et al.Effects of dose and administration form of rosemary essential oils on meat quality and fatty acid profile of lamb[J].Small Ruminant Research,2017,158:62–68.

[43] HAJIAGHAPOUR M,REZAEIPOUR V.Comparison of two herbal essential oils,probiotic,and mannan-oligosaccharides on egg production,hatchability,serum metabolites,intestinal morphology,and microbiota activity of quail breeders[J].Livestock Science,2018,210:93–98.

[44] WANG Y,CHIBA L I,HUANG C,et al.Effect of diet complexity,multi-enzyme complexes,essential oils,and benzoic acid on weanling pigs[J].Livestock Science,2016,209:32–38.

[45] ZHANG T,ZHOU Y F,ZOU Y,et al.Effects of dietary oregano essential oil supplementation on the stress response,antioxidative capacity,and *HSPs* mRNA expression of transported pigs[J].Livestock Science,2015,180:143–149.

[46] GOIS P L G,GOIS F D,SBARDELLA M,et al.Effects of dietary supplementation of red pepper (*Schinus terebinthifolius* Raddi) essential oil on performance,small intestinal morphology

and microbial counts of weanling pigs[J].Journal of the Science of Food and Agriculture,2017,98(2):541–548.

[47] ZŁOTEK U.Antioxidative,potentially anti-inflammatory,and antidiabetic properties,as well as oxidative stability and acceptability,of cakes supplemented with elicited basil[J].Food Chemistry,2018,243:168–174.

[48] LI S Y,RU Y J,LIU M,et al.The effect of essential oils on performance,immunity and gut microbial population in weaner pigs[J].Livestock Science,2012,145(1/2/3):119–123.

[49] 刘猛.植物精油对仔猪生产性能、肠道微生物及免疫性能的影响[D].硕士学位论文.郑州:河南农业大学,2011.

[50] 刁慧.苯甲酸和百里香酚对断奶仔猪生长性能和肠道健康的影响[D].硕士学位论文.雅安:四川农业大学,2013.

[51] WALIA K,ARGÜELLO H,LYNCH H,et al.Effect of strategic administration of an encapsulated blend of formic acid,citric acid,and essential oils on *Salmonella* carriage,seroprevalence,and growth of finishing pigs[J].Preventive Veterinary Medicine,2017,137:28–35.

[52] 张玲玲,冯杰,李慧,等.植物精油与丁酸钠复合制剂对断奶仔猪生长性能、血清抗氧化指标、粪便菌群及氨逸失的影响[J].动物营养学报,2018,30(2):678–684.

[53] 徐少庭,徐晨晨,罗海玲.饲粮抗氧化剂对肌肉嫩度的影响及作用机制[J].动物营养学报,2017,29(8):2676–2680.

[54] ZOU Y,XIANG Q H,WANG J,et al.Effects of oregano essential oil or quercetin supplementation on body weight loss,carcass characteristics,meat quality and antioxidant status in finishing pigs under transport stress[J].Livestock Science,2016,192:33–38.

[55] 王浩,印遇龙,邓百川,等.植物提取物的特性及其在母猪生产中的应用[J].动物营养学报,2017,29(11):3852–3862.

[56] CHOWDHURY S,MANDAL G P,PATRA A K.Different essential oils in diets of chickens:1.Growth performance,nutrient utilisation,nitrogen excretion,carcass traits and chemical composition of meat[J].Animal Feed Science and Technology,2018,236:86–97.

[57] CHOWDHURY S,MANDAL G P,PATRA A K,et al.Different essential oils in diets of broiler chickens:2.Gut microbes and morphology,immune response,and some blood profile and antioxidant enzymes[J].Animal Feed Science and Technology,2018,236:39–47.

[58] DING X M,YU Y,SU Z W,et al.Effects of essential oils on performance,egg quality,nutrient digestibility and yolk fatty acid profile in laying hens[J].Animal Nutrition,2017,3(2):127–131.

[59] LIU Y,YANG X,XIN H,et al.Effects of a protected inclusion of organic acids and essential oils as antibiotic growth promoter alternative on growth performance,intestinal morphology and gut microflora in broilers[J].Animal Science Journal,2017,88(9):1414–1424.

[60] 张文静.复合植物精油提高肉仔鸡生长性能和抗病力的初步研究与应用[D].博士学位论文.长春:吉林大学,2017.

[61] 杜恩存.百里香酚和香芹酚对肉仔鸡肠上皮屏障和免疫功能的调节作用[D].博士学位论文.北京:中国农业大学,2016.

[62] ALTOP A,ERENER G,DURU M E,et al.Effects of essential oils from *Liquidambar orientali*s Mill.leaves on growth performance,carcass and some organ traits,some blood metabolites and intestinal microbiota in broilers[J].British Poultry Science,2018,59(1):121–127.

[63] BENCHAAR C,CALSAMIGLIA S,CHAVES A V,et al.A review of plant-derived essential oils in ruminant nutrition and production[J].Animal Feed Science and Technology,2018,145(1/2/3/4):209–228.

[64] COBELLIS G,TRABALZA-MARINUCCI M,YU Z T.Critical evaluation of essential oils as rumen modifiers in ruminant nutrition:a review[J].Science of the Total Environment,2016,545–546:556–568.

[65] KHOLIF A E,KASSAB A Y,AZZAZ H H,et al.Essential oils blend with a newly developed enzyme cocktail works synergistically to enhance feed utilization and milk production of Farafra ewes in the subtropics[J].Small Ruminant Research,2018,161:43–50.

[66] WALLACE R J.Antimicrobial properties of plant secondary metabolites[J].Proceedings of the Nutrition Society,2004,63(4):621–629.

[67] COBELLIS G,TRABALZA-MARINUCCI M,MARCOTULLIO M C,et al.Evaluation of different essential oils in modulating methane and ammonia production,rumen fermentation,and rumen bacteria *in vitro*[J].Animal Feed Science and Technology,2016,215:25–36.

[68] CARDOZO P W,CALSAMIGLIA S,FERRET A,et al.Screening for the effects of natural plant extracts at different pH on *in vitro* rumen microbial fermentation of a high-concentrate diet for beef cattle[J].Journal of Animal Science,2005,83(11):2572–2579.

[69] KAHVAND M,MALECKY M.Dose-response effects of sage (*Salvia officinalis*) and yarrow (*Achillea millefolium*) essential oils on rumen fermentation *in vitro*[J].Annals of Animal Science,2018,18(1):125–142.

[70] KHORRAMI B,VAKILI A R,MESGARAN M D,et al.Thyme and cinnamon essential oils:potential alternatives for monensin as a rumen modifier in beef production systems[J].Animal Feed Science and Technology,2015,200:8–16.

Biological Activity of Plant Essential Oil and Its Application in Animal Production

FENG Dongliang DIAO Lanyu ZOU Caixia LIANG Mingzhen*

(*College of Animal Science and Technology, Guangxi University, Nanning* 530004, *China*)

Abstract: Essential oils are volatile liquids produced by plants and usually have aromas. The research found that plant essential oils contain a variety of active ingredients, as a new feed additive has antibacterial, antioxidant, anti-inflammatory, enhance animal immunity and so on. Therefore, this article mainly aimed to review the biological activity of plant essential oils and their application in animal production.

Key words: plant essential oil; new feed additive; animal; biological activity; immunity

*Corresponding author, professor, E-mail: lmzhen62@163.com

（责任编辑 武海龙）